

QUESTIONNER LE MONDE

Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets

Approfondir ses connaissances pour s'approprier le programme

Qu'est-ce que la matière ?

Définition

La matière est ce qui constitue tout corps ayant une réalité tangible. Tout ce qui a une masse et occupe un volume est de la matière. L'univers qui nous entoure est formé de matière.

La lumière n'est pas de la matière car elle n'a pas de masse et on ne peut la comprimer. L'air, bien qu'invisible, est constitué de matière puisqu'il a une masse et occupe tout l'espace environnant ; on peut le comprimer et le déplacer.

La matière, visible ou invisible, est constituée d'atomes, d'ions ou de molécules (regroupés sous le terme d'entités chimiques) en interaction plus ou moins forte entre eux et donc plus ou moins organisés entre eux. De cette organisation découlent les états de la matière.

ENTITÉ	CHARGE ÉLECTRIQUE	CONSTITUTION	EXEMPLES
Atome	Neutre	Un seul élément chimique	Le gaz hélium : He, le carbone (à l'état graphite ou diamant) : C
Molécule	Neutre	Un ou plusieurs éléments chimiques	Le gaz dioxygène O ₂ , le sucre ou saccharose C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ , l'eau H ₂ O
Ion	Chargé positivement (cation) ou négativement (anion)	Un ou plusieurs éléments chimiques	L'ion sodium Na ⁺ , l'ion sulfate SO ₄ ²⁻

Les trois états de la matière

On peut relier l'état macroscopique de la matière (solide, liquide ou gazeux) à des caractéristiques macroscopiques et microscopiques.

L'**état solide** est ordonné : les entités constitutives (molécules, ions, atomes) ont des positions fixes et interagissent fortement entre elles. Un solide a une forme propre et un volume propre. L'adjectif « solide » signifie « robuste », résistant. L'expression « état solide » est à privilégier. Il est préférable de dire « l'eau à l'état solide » plutôt que « l'eau solide ».

L'**état liquide** est un état désordonné : les entités constitutives n'occupent pas de positions fixes et sont en mouvement incessant. Cependant, des interactions entre ces entités existent. Un liquide a donc un volume propre mais pas de forme propre (il épouse les formes de son contenant, et y reste). Les molécules ou les ions sont plus proches les uns des autres que dans l'état gazeux ; des interactions entre ces entités existent, moins fortes que dans les solides.

L'**état gazeux** est un état désordonné. Les entités constitutives d'un gaz sont en mouvement incessant, d'autant plus rapide que la température est élevée. Elles occupent tout le volume disponible et sont plutôt éloignées les unes des autres et quasiment sans interaction entre elles. Un gaz n'a donc ni volume propre ni forme propre, il occupe tout l'espace disponible.

Les caractéristiques de ces états

État	Structure	Forme	Caractéristiques	Exemples (à la pression atmosphérique)
Solide	Ordonnée	Forme propre	Peu sensible aux variations de pression	À température ambiante (20°C) : le chlorure de sodium (sel de table) ; le saccharose (sucre blanc) À -10°C : la glace (eau à l'état solide)
Liquide	Désordonnée	Prend la forme du récipient	Peu sensible aux variations de pression	À température ambiante (20°C) : une huile ; un jus de fruit ; l'eau
Gazeux	Désordonnée	Occupe tout l'espace disponible	Sensible aux variations de pression : un gaz est compressible	À température ambiante : l'air ; le dioxyde de carbone

Les modifications des états de la matière

Les paramètres impliqués

La température

Plus la température est élevée, plus les entités constitutives sont en mouvement. En augmentant la température d'un échantillon de matière, on apporte de l'énergie thermique aux entités constitutives dont une partie est convertie en énergie cinétique (avec comme conséquence une augmentation des vitesses des entités). Si cet apport énergétique est suffisamment important, les interactions entre entités constitutives sont modifiées (il y en a moins et elles sont plus faibles, car les entités sont plus éloignées les unes des autres). Il peut alors se produire un changement d'état (passage de l'état solide à l'état liquide ou de l'état liquide à l'état gazeux par élévation de température).

La pression

Les liquides et les solides sont peu sensibles à une modification de pression, du fait de leur cohésion (interactions importantes entre les entités). Les gaz sont en revanche très sensibles à une modification de pression. Une augmentation de pression à température constante conduit à un rapprochement relatif des entités constitutives d'un gaz jusqu'à provoquer éventuellement un changement d'état (passage à l'état liquide le plus souvent).

Les changements d'état

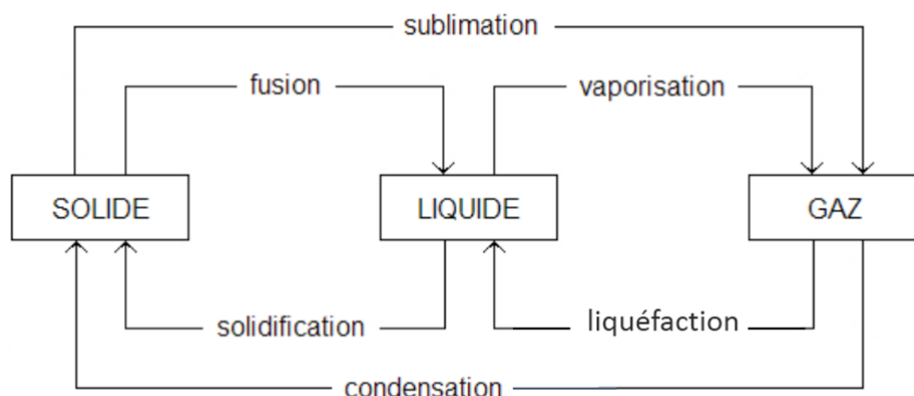
Le changement d'état est une transformation physique de la matière, à ne pas confondre avec une transformation chimique où il y a modification des espèces.

Par exemple :

$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$ symbolise la fusion de l'eau (passage d'un état ordonné solide (s) à un autre moins ordonné liquide (l))

$2 H_2O(l) \rightarrow 2 H_2(g) + O_2(g)$ symbolise la décomposition de l'eau (deux molécules d'eau se dissocient en deux molécules de dihydrogène et une molécule de dioxygène à l'état gazeux (g))

Les changements d'états de la matière



Quelle que soit la nature de l'espèce chimique, les noms de changements d'état sont toujours les mêmes.

Quelles différences entre vaporisation, ébullition et évaporation ?

La **vaporisation** est le nom du changement d'état correspondant au passage de l'état liquide à l'état gazeux. Elle peut prendre deux formes :

- l'**ébullition**, qui tire son nom des bulles de gaz observées lors du changement d'état par chauffage du liquide jusqu'à la température de changement d'état ou par diminution de pression ;
- l'**évaporation**, qui a lieu à la surface des liquides à des températures inférieures à la température d'ébullition (cela se produit par exemple dans les marais salants ou le séchage du linge à l'air libre).

Quels usages du terme condensation ?

- La **liquéfaction** est le nom du changement d'état correspondant au passage de l'état gazeux à l'état liquide.
- La **condensation** désigne le passage direct de l'état gazeux à l'état solide (sans passer par l'état liquide).

Dans le langage courant, on parle de « condensation » de la vapeur d'eau contenue dans l'air humide au contact d'une paroi suffisamment froide, alors qu'il s'agit bien d'une liquéfaction.

La **sublimation** est un changement d'état plus rarement observé, elle marque le passage de l'état solide à l'état gazeux. C'est le cas du changement d'état à l'air libre de la « neige carbonique » (dioxyde de carbone à l'état solide qui passe directement à l'état gazeux).

Température de changement d'état

Pour rappel, un **corps pur** est constitué d'une seule espèce chimique (par exemple l'eau H_2O , le cuivre Cu), contrairement à un **mélange** (l'eau salée par exemple contient les espèces H_2O , Na^+ et Cl^-).

À pression fixée, le changement d'état d'un corps pur se fait à température constante, dont la valeur est caractéristique du corps pur à cette pression. Si on prend l'exemple de la fusion de la glace, de la formation de la première goutte d'eau à l'état liquide jusqu'à la fusion du dernier cristal de glace, la température restera constante à $0^\circ C$ (si on travaille à pression atmosphérique). On parle de palier de température au cours du changement d'état (qui se traduit par une horizontale dans le graphe « température en fonction du temps »). Les températures de changement d'état T des deux transformations inverses sont les mêmes pour une même espèce (à pression identique) : T fusion (eau) = T solidification (eau).

Plus les interactions entre les entités constitutives sont nombreuses et fortes (cela dépend à la fois de l'état physique considéré et de la nature et de la structure chimique des entités), plus les températures de changement d'état sont élevées. À pression donnée, la température de fusion d'une espèce est toujours plus faible que sa température d'ébullition.

L'air, un mélange gazeux

L'air est un mélange gazeux constitué de : 78 % de gaz diazote, 21 % de gaz dioxygène, 1 % d'autres gaz ; on peut retenir que 1/5 de l'air est du dioxygène, indispensable à la vie. Il est primordial que les élèves prennent conscience que l'air est naturellement présent partout dans notre environnement (cf. pas de volume ni de forme propre du gaz qui occupe tout l'espace).

L'air est un gaz incolore : il est donc invisible. Toutefois on ressent ses effets.

Chez les enfants, de grandes confusions existent : le mouvement des feuilles d'un arbre est souvent cité comme exemple de source d'air ; de même, les enfants peuvent affirmer que « les poumons créent l'air car on souffle de l'air ».

L'air est de la matière. 1 litre d'air a une masse d'environ 1,3 g, ce qui équivaut à dire que 1 m^3 d'air a une masse de 1,3 kg, à température et pression « ordinaires ». Pour mettre en évidence cette matérialité, on peut peser un récipient hermétique vide (un ballon par exemple) puis rempli d'air, en utilisant une balance dont la précision est suffisante.

Pression de l'air

Comme pour tout gaz, on peut définir la pression de l'air, communément appelée par les météorologues pression atmosphérique dans des conditions usuelles. La pression d'un gaz correspond à la force exercée par les molécules (ou atomes dans quelques cas) de ce gaz par unité d'aire de la surface qu'elles viennent heurter ($P = F/S$). Pour un volume donné, la pression est d'autant plus importante qu'il y aura beaucoup de molécules. Pour une quantité de molécules données, la pression est d'autant plus importante que la surface délimitant le volume contenant ces molécules est plus faible.

La pression atmosphérique représente le rapport de la force exercée par une colonne d'air sur un mètre carré de surface terrestre. La valeur de la pression atmosphérique doit donc être fournie avec l'altitude à laquelle on la mesure. La densité de l'air diminue fortement avec l'altitude en raison de la raréfaction de l'air, et donc la pression atmosphérique aussi (1 atmosphère au niveau de la mer et 0,7 atmosphère à 3 000 m avec comme conséquence une diminution notable de la température de vaporisation de l'eau : à 3 000 m d'altitude l'eau entre en ébullition à 90°C). Les variations de pression atmosphérique liées à l'altitude font que nos oreilles « se bouchent et se débouchent » et que les bouteilles en matière plastique contenant suffisamment d'air se creusent ou gonflent.

Pour une quantité de matière de gaz donnée, c'est-à-dire le même nombre d'entités constitutives :

- à température constante, si le volume de gaz diminue (on comprime le gaz) alors la pression augmente (il y a moins d'espace pour un même nombre d'entités) ;
- à volume fixé, si la température augmente alors la pression augmente (on augmente, par agitation thermique, le nombre de chocs des entités sur la surface délimitant le volume, c'est-à-dire la force exercée sur cette surface) ;
- à pression constante, si on élève la température, alors le volume occupé par le gaz augmente : c'est le phénomène de dilatation.

Toutes ces propriétés résultent de l'assimilation de l'air à un gaz parfait¹, qui peut alors être décrit par l'équation d'état $P \times V = n \times R \times T$ où P est la pression du gaz (en Pascal de symbole Pa), V le volume occupé par le gaz (en m³), n la quantité de matière de gaz (en mol), R la constante des gaz parfaits (8,31 Pa.m³.mol⁻¹.K⁻¹), T la température du gaz (en Kelvin).

Un peu de vocabulaire

Grandeur, symbole, unité, valeur

Une grandeur physique est une caractéristique d'un système, d'un état, que l'on peut mesurer ou relever à partir d'une référence. Chaque grandeur est représentée par un symbole (une ou plusieurs lettres). Toute valeur numérique d'une grandeur doit être accompagnée d'une unité : l'unité légale du système international (SI) ou une unité plus usuellement utilisée.

GRANDEUR	CARACTÉRISTIQUE DE	SYMBOLE	UNITÉ SI	UNITÉS USUELLES
masse	la quantité de matière d'un objet, d'une espèce	m	kilogramme (kg)	g, mg
volume	l'espace occupé par un objet, une espèce	V	m ³	cm ³ , dm ³ , mL, L
température	l'agitation à l'échelle microscopique des entités constitutives	T	Kelvin (K)	°C (degré Celsius) °F (degré Fahrenheit)
pression	la force exercée par la matière sur une surface	P	Pascal (Pa)	hPa (hectoPascal), bar, atm

1. Le « modèle du gaz parfait » décrit un gaz au sein duquel les interactions entre entités sont considérées comme nulles. Un tel gaz n'existe pas en toute rigueur, mais on peut montrer que le comportement des gaz peut souvent être assimilé à un comportement de gaz parfait en première approximation. Il existe d'autres modèles de comportement de gaz plus réalistes.

Calculer et mesurer

Une **mesure** se fait avec un appareil ou un dispositif spécifique donnant directement une valeur numérique de la grandeur à mesurer (une masse se mesure avec une balance, une pression se mesure avec un manomètre, une température se relève avec un thermomètre). Une mesure est toujours entachée d'une imprécision liée à l'incertitude de mesure intrinsèque de l'appareil et à la qualité de l'opérateur qui réalise la mesure.

Certaines grandeurs s'obtiennent par **mesure indirecte qui nécessite un calcul** : par exemple, le volume d'un cube d'arête a se *calcule* en appliquant la relation a^3 après avoir *mesuré* la valeur de l'arête a (avec une règle par exemple).